

선박 기인 오염물의 처리동향 및 대책

박상호* · 김인수**

*한국해양대학교 건설환경공학부 연구원, **한국해양대학교 건설환경공학부 교수

Recent Trends of Vessel-Source Pollution

Sang-Ho Park* · In-Soo Kim**

*Division of Civil and Environmental Engineering , Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Professor, Division of Civil and Environmental Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 선박과 항만 터미널에 의한 오염에 대하여 항만 환경의 보호를 위해 강력한 규제지침을 적용해야한다. 불법적인 선박의 밸러스트수 교환으로 발생하고 연안의 항만에 들어와서 교환을 하면 식물과 동물의 외래종 침입하여 먹이 사슬을 파괴하는 원인이 된다. 질소가 풍부한 물의 교환은 미생물의 성장을 촉진시켜 연안에 적조를 유발시킨다. 또한 항만의 나쁜 영향을 미치는 것은 선박과 물동량을 수송하는 트럭에서 다량의 디젤 산화물을 대기로 배출한다. 국제해사기구(International Maritime Organization : IMO)에서는 선박에서 발생하는 오염물질 등에 대한 규제강화를 위하여 최근 새로운 해사환경협약의 채택 및 발효를 강력히 추진하고 있다. 우리나라는 국제해사기구의 A그룹 이사국으로서의 국제적인 위상과 해양환경 보호를 위하여 현재 발효되고 추진 중에 있는 협약들에 대한 연구와 대처를 효과적으로 하여야 한다. 이 논문은 해양관련 환경규제협약인 대기오염방지협약, 선박의 유해방오도로 사용규제협약, 밸러스트수 배출규제협약, 선박으로부터 오수에 의한 오염방지를 위한 협약 등의 주요 현안을 파악하고 분석하여 이에 따른 대응책을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 항만, 국제해사기구, 선박, 해사환경협약

ABSTRACT : Though stringent guidelines are in place to protect the harbor environment, pollution from ships, from the ports terminals. Discharge from the ballast tanks of ships, though illegal, does occur. Such vessels, arriving from distant ports of call, can introduce exotic species of plants and animals, causing disruption of the local food web. Discharges rich in nitrogen can generate the rapid growth of plankton, eventually leading to a condition known as red tide that is lethal to some coastal organisms. In addition to the harbor's negative effects on marine organisms, the diesel engines of the ships and the trucks that haul cargo to and from the ports release large volumes of diesel exhaust into the atmosphere. IMO(International Maritime Organization) is strongly proceeding with adoption of a new maritime environmental convention and coming into effect for regulation enhancement about the pollutants which are happened in a ship recently. Study about the conventions that our country currently comes into effect, and there is during forwarding and correspondence must be performed effectively. In this paper, International convention on the control of harmful Anti-Fouling system on ship, Ballast water management, Prevention of air pollution from ships, treat a main pending problem in ocean related environmental regulation convention.

KEY WORDS : Harbor, IMO, Ship, Maritime Environmental Convention

1. 서 론

21세기에 들어와서 경제와 산업의 발달로 생활환경이 풍요로워졌으나 한편으로는 다양한 오염물질의 생산과 환경파괴에 직면하게 되었다. 이러한 오염현상이 육상에서 발생하는 다양한 오염원에 의한 환경오염뿐만 아니라, 해상을 항행하는 선박에 의한 환경오염도 날로 심각해지고 있다. 최근 들어 지구환경보전 문제가 세계적으로 중대한 현안으로 등장하고 있는 가운데 해상 및 항만에서 발생하는 다양한 오염물질에 대한 환경보호조

치의 하나로 선박에 대한 각종 환경규제가 대폭 강화되고 있다. 이는 선박에 의한 해양오염을 방지하는 것이 특정 국가만의 의무나 책임이 아니라, 전 세계가 공동으로 대처해야 한다는 이유 외에도 환경을 문제로 한 조선이나 해운, 자원개발 등 해양산업에 대한 무역장벽의 강화를 뜻하고 있어 적극적인 대응방안의 모색이 필요하다. 또한 선박은 자국의 항만만을 이용하지 않고 국제적인 무역과 교류에 따라 전세계의 항만을 이용하게 된다. 국내의 규제나 기준이 미흡하더라도 국제적인 기준에 적합하지 않으면 선박을 운항할 수가 없게 된다. 국제해사기구(International Maritime Organization : IMO)에서는 선박에서 발생하는 오염물질 등에 대한 규제강화를 위하여 최근 새로운 해사환경협약의 채택 및 발효를 강력히 추진하고 있다.

* 대표저자: 정희원, sangho@bada.hhu.ac.kr, 051)410-4983

** 정희원, iskim@hanara.kmaritime.ac.kr, 051)410-4416

국제해사기구의 해양환경보호위원회(Maritime Environment Protection Committee : MEPC)에서는 선박에 의한 해양오염의 방지 및 규제를 위한 문제를 심의하고, 이와 관련한 국제협약의 채택 및 개정에 관한 기능을 수행한다. 우리나라는 국제해사기구의 A그룹 이사국으로서의 국제적인 위상과 해양환경의 보호를 위하여 현재 발효되고 추진 중에 있는 협약들에 대한 연구와 대처를 마련하여야 한다. Fig. 1은 선박의 정상중인 항해중에 환경에 영향을 미치는 물질에 대하여 나타내었다. 다양한 오염물질이 바다로 직접 유출되거나 대기로 방출되고 있다. 이러한 다양한 오염물질의 영향을 가장 많이 받는 곳이 선박이 정박을 하는 항만과 연근해 연안이다.

이 논문은 선박에 의한 오염을 일으킬 수 있는 원인물질을 제시하고 발생하는 오염물질을 규제하기 위한 해양관련 환경 규제협약인 대기오염방지협약, 선박의 유해방오도로 사용규제 협약, 밸러스트수 배출규제협약, 선박으로부터 오수에 의한 오염방지를 위한 협약 등의 주요 현안을 파악하고 분석하여 이에 따른 대응책을 제시하고자 한다.

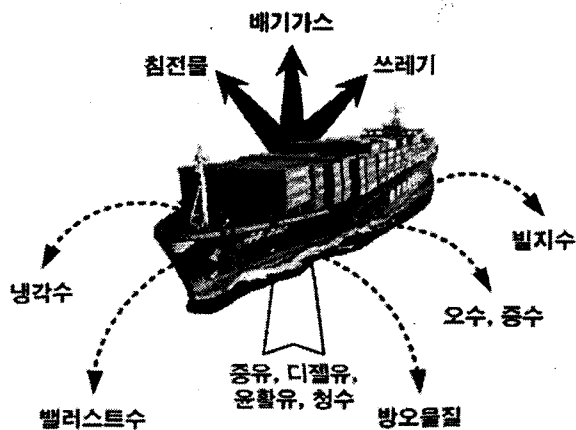


Fig. 1. Constituent effect of the environment on ships.

2. 선박 오염물질의 특성조사

2.1 선박에 의해서 발생하는 오염물질

1) 유기주석화합물

TBT(tributyltin) 와 TPT(triphenyltin) 등의 유기주석화합물(organotin compounds)은 선박의 표면이나 어망, 어구 등에 생물부착방지에 효과적임이 밝혀지면서 1970년대부터 방오도료(anti-fouling paint)의 첨가제로서 널리 사용되어 왔다(Benitez, et al, 1985). 그러나, 1970년대 말경에 영국과 프랑스에서 발생한 참굴의 패각기형과 개체군의 감소 그리고 굴 양식업의 황폐화 등이 TBT의 독성에 기인함이 밝혀지면서 국제협약 등을 통하여 점차적으로 유기주석화합물의 사용을 규제하고 있는 실정이다(Alzieu, 1986). 우리나라에서는 2003년 1월

1일부터 TBT 방오도료의 사용을 전면 금지하였고, 오는 2008년 1월 1일부터는 선박 등의 TBT 방오도료의 잔존까지 금지하기로 하여 수리조선소에서 발생하는 방오페인트 함유 폐기물 및 세척수 처리처분이 시급한 실정이다. 수리조선소의 경우 선체 외벽을 세척하고 모래 등의 연마재를 고압으로 분사하여 산화철 등의 이물질과 페인트를 박리하고 가공한 뒤 새롭게 도장하는 드라이도크 작업시 방오도료를 함유한 폐기물과 유독 세척폐수가 다량발생하게 된다. 방오도료 함유 폐기물은 연마재와 페인트가 혼합된 물질로서 현재 ‘유해화학물질 관리법’에 의해 지정폐기물로 분류하고 있으며, 대부분의 국내 수리조선소에서는 위탁처리업체를 통하여 처리하고 있는 실정이다. 세척폐수는 주로 염분 및 오염물질과 부착 해양생물을 제거하기 위한 세척단계에서 발생한다. 세척폐수에는 고농도의 유독성 용존 TBT 및 미분말 페인트성분이 함유되어 있으나, 국내에서는 아직까지 특별한 규제 없이 바다로 직접 방류되고 있다. 수리조선소에서 발생하는 세척폐수에 함유되어있는 TBT 농도는 일반적으로 약 1~4ppm 정도로서, 이 값은 활성슬러지 공정의 미생물을 사멸시킬 만큼 독성이 큰 농도로 알려지고 있다(Abbott et al, 2000; Argamen et al, 1984). 유기주석화합물은 해양생물에 다양한 독성을 일으키기도 하지만, 복족류에서 주로 발생하는 임포섹스(Imposex) 현상은 매우 극미량에서도 발현되는 것으로 잘 알려져 있으며, 유럽 좁쌀무늬고둥류인 *Nucella Lapillus*의 경우 0.5ng Sn/L 미만에서 임포섹스가 발현되며, *Thais Clavigera*(대수리)는 1ng Sn/L 미만에서 독성을 일으키는 것으로 알려지고 있다(Bryan et al., 1987; Horiguchi et al., 1994). 구미 선진국에서는 응집, 흡착, 생물학적 처리공정 등을 이용한 세척폐수내 TBT 제거를 위한 연구가 최근에 수행된 것으로 알려지고 있으나, 국내에서 수행된 연구는 거의 전무한 실정이다(Abbott et al, 2002).

2) 밸러스트수

밸러스트수에 의한 오염현상이 1988년도 캐나다의 오대호에 해양 생물종의 침입을 최초로 보고한 이후, 여러나라에서 외래 생물종에 의한 피해가 발생하여(Hayes and Sliwa, 2003), 국제해사기구(IMO)의 해양환경보호위원회(MEPC)는 밸러스트수의 이동에 따른 문제를 논의하기 시작하였고 1991년도에 밸러스트수 관리에 관한 지침서를 채택하였다. 1997년도에는 이를 개선하여 “유해한 수중생물체 및 병원균의 이동을 최소화하기 위한 선박 밸러스트수의 규제와 관리에 관한 지침서”를 총회 결의서로 채택하였으며, 동 의제를 계속 논의하여, 2003년도 MEPC 49차에서 협약초안을 마련하였고 협약발효에 대한 준비를 하고 있다(IMO, 2003). 대양에서의 밸러스트수 교환 작업은 많은 시간과 노력이 필요하며 선박안전에 위험을 초래할 가능성이 있고 근거리 항해 시에는 교환 작업이 불가능하므로 새로운 밸러스트수 처리장치의 개발이 시급한 실정이다. 최근에 미국과 유럽의 일부국가에서 밸러스트수 처리용 여과장치, 자외선 살균장치 등과 같은 물리, 화학적인 처리를 할 수 있는 장치를 개발

하여 여객선을 중심으로 사용이 점차 증가되고 있다.

3) 선박에서 발생하는 오폐수

선박에서 나오는 오수와 폐수로 인해 연안해역의 오염이 증가하고 있다. 또한 무역량의 증가에 따라 선박의 출입이 잦아짐에 따라 오염으로 인한 항만주변의 양식장이나 어장의 피해가 해마다 증가하고 있다. 선박의 화장실 등에서 발생하는 오수의 배출을 규제하는 오수방지협약(MARPOL73/78 부속서 IV)이 2003. 9. 27부터 국제적으로 발효(1973. 11. 2 채택)됨에 따라 총톤수 200톤 이상이나 10인 이상이 승선하는 선박에서 발생하는 오수는 국제협약에 따라 정화하여 처리되어야 한다(국제해사기구 해양환경보호위원회 회의자료, 2003).

이 협약의 발효로 모든 선박은 유엔 국제해사기구의 MARPOL73/78 규정에 따라 오수처리장치를 설치하여 가동해야 한다. 기존선박에 적용된 처리공법으로 활성슬러지법을 이용한 생물학적 처리장치와 물리·화학적 처리장치인 전기분해가 있으나 모두 유기물제거에 국한되어 해양오염원 중 적조의 원인물질인 질소와 인을 동시에 제거할 수 없는 공법들이다. 우리나라의 항구들은 대부분 폐쇄해역에 존재하며 정박 중인 선박에서 유출된 질소와 인이 부영양화를 일으켜 해양환경오염과 적조발생에 한 원인을 제공하고 있다(김 등, 1998). 또한 각 나라마다 선박에서 발생하는 오폐수에 대한 엄격한 처리기준을 제시하고 있어 처리기준을 만족하기 위해서는 질소와 인을 동시에 처리할 수 있는 선박용 고도처리장치의 개발이 시급한 실정이다.

4) 유류오염

기름은 선박사고, 운항상의 과실, 자연적 누출, 해상에서의 기름 생산, 산업폐기물 및 도시하수 등 다양한 경로를 통하여 해양에 유입되며, 해양으로의 유입량은 연간 3,200만 톤에 달하는 것으로 추정된다(해양경찰청, 1990). 향후 석유 에너지의 사용량이 급증하고, 이에 따라 유조선의 물동량이 증가함에 따라 대형 유출사고 등에 의한 해양오염이 더욱 심각해질 것으로 예상된다. 해양유류유출 사고는 수백억 원에 이르는 방제비용과 피해배상금 이외에도 어족자원의 고갈, 해양환경의 파괴, 산업시설의 가동 중단 등을 유발시켜 엄청난 금액의 경제적인 피해와 환경회복에 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 유류는 100여종 이상의 유해화합물을 함유하고 있어 유류오염사고로 해수에 용존될 경우 먹이 사슬의 가장 기초 단계인 미생물과 어류의 체내에 1차적으로 축적이 되고 결국에는 최종 소비자인 인간에게까지 전달된다. 또 유출유는 해안에 부착되어 해양생물을 치사시키고, 장기간 잔류하여 생태계를 변화시키기도 하고, 해수욕장 폐쇄 및 친수공간을 오염시켜 인간의 레크리에이션 활동을 방해하기도 한다. 이와 같은 해양유류오염에 의한 피해의 심각성을 인식하여, 일찍부터 연안국에서는 당사국의 사정에 적합한 해양오염방지, 대비 및 방제 대책을 수립하여 유출유에 의한 피해를 최소화하려고 노력해 왔다.

5) 대기오염물질

항만에서 배출되는 대기오염물질을 규제하는 조치들이 속속 도입되고 있다. 먼저 국제해사기구의 “선박 대기오염물질 배출규제 협약”이 2005년 5월 19일부터 시행될 예정이다. 이 협약은 선박의 엔진에서 발생하는 황산화물(SO_x)과 질소산화물(NO_x)의 농도를 일정 기준이하로 줄일 것을 규정하고 있다. 미국, 유럽 및 일본 등의 주요 선진국들도 항만의 대기오염물질 배출을 줄이기 위한 규제 조치를 마련하는데 적극 나서고 있다. 대기오염은 주민들의 건강을 위협하고 경제적인 손실을 유발시킨다. 특히 대기오염물질 배출량이 가장 많은 로스앤젤레스(LA) 항이 하루에 배출하는 질소산화물과 디젤분진(PM₁₀)이 각각 31.4톤과 1.8톤에 달하는 것으로 나타났다. 이는 LA항에서 배출되는 질소산화물이 자동차 65만대, 디젤분진은 자동차 160만대에서 배출되는 양과 맞먹는다는 것을 의미한다(CCCA, 2004).

3. IMO의 해양관련 환경규제협약

해양과 관련한 환경협약 중 기발효 중인 협약으로는 해양오염방지협약(MARPOL73/78), 유류오염사고시 공해상 개입에 관한 국제협약(Intervention, 1969), 기름오염의 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약(OPRC, 1990) 등이 있으며, 현재 국제해사기구(IMO)에서 작업 중이거나 채택된 협약으로 유해유독물질협약(ORP-HNS), 대기오염방지협약, 선박의 유해방오도료 시스템 사용규제 국제협약 및 밸러스트수 관리협약 등이 있다. Table. 2에는 현재까지 국제해사기구에서 채택된 협약들로 우리나라에서의 수락과 발효여부를 나타내었다.

3.1 MARPOL 73/78

MARPOL 73/78협약의 원명은 “The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 1973, as Modified by the Protocol of 1978 relating thereto”이며 1978년 2월 17일날 채택되어 1983년 10월 2일날 발효되었다. MARPOL73/78은 선박으로부터의 해양오염을 방지하는 환경규제협약이며 관련된 국내법은 해양오염방지법이 있다. 선박으로부터의 오염을 방지하기 위한 국제협약은 해양오염을 방지하기 위하여 이제까지 채택된 것 중에서 가장 실제적인 국제협약으로서 기름뿐만 아니라, 육지에서 발생된 폐기물을 바다에 투기하는 것을 제외한 모든 형태의 해양오염을 규제하고 있다.

3.2 MARPOL73/78의 부속서

MARPOL73/78의 구성은 일반적 의무 등을 규정하는 9개 조문의 본문과 5개의 부속서로 되어 있으며, 기술적인 사항은 부속서에 규정되어 있다.

1) 부속서 I : 기름에 의한 오염방지를 위한 규칙

MARPOL73/78에서 가장 중요한 부분이 선박으로부터 기름의 배출을 규제하고 있는 부속서 I이다. 규제대상은 모든 형태의 석유류인데 원유, 중유, 슬러지(sludge), 폐유 및 정제유이다. 그러나 부속서 II에 의한 석유화학물질(Petrochemicals)은 제외된다. 이 부속서에 따라 기름은 다음의 조건을 충족시키지 못하면 해양에 배출이 금지된다. 유류탱커의 경우에는 (1) 특별해역내에 있지 아니하며 항행중일 것, (2) 가장 가까운 육지로부터 유류탱커까지의 거리가 50해리를 넘을 것, (3) 유분의 순간 배출율이 1해리당 30리터 이하일 것, (4) 해역에 배출되는 기름의 총량이 현존 유류탱커에 대하여는 최종적으로 운송한 화물량의 15,000분의 1 이하 신조 유류탱커에 대하여는 30,000분의 1 이하일 것, (5) 유류탱커가 기름 배출감시제어장치 및 슬러스트장치 작동시키고 있어야 한다. 한편, 유류탱커 이외의 총톤수 400톤 이상인 선박의 경우에는, (1) 특별해역 내에 있지 아니하며 항행중일 것, (2) 유출액 중의 유분이 희석되지 아니하고 15PPM 이하일 것, (3) 기름배출감시제어시스템, 유수분리장치, 기름필터시스템 또는 기타의 장치를 작동시키고 있어야 한다.

2) 부속서 II : 산적된 유해액체물질에 의한 오염규제를 위한 규칙

부속서 II는 유해액체물질을 산적으로(in bulk) 운송하는 선박에 대하여 적용된다. 유해액체물질이라 함은 해양생물 혹은 인간의 건강에 미치는 위해 또는 해독에 따라 A류(category)로부터 D류까지 분류되어 있다. 해양에 배출된 경우 A류는 해양자원이거나 인체에 막대한 위해를 미치는 유해액체물질이며, D류는 인식이 가능한 경미한 위해를 미치는 유해액체물질을 말한다. A류의 물질 또는 A류를 함유하는 밸러스트수, 탱크 세정수, 기타의 잔류물 혹은 혼합물은 해양에 배출이 금지되며, B류 내지 D류에 속하는 물질 혹은 이들의 함유물은 선박이 7노트 이상으로 항행중이며 육지에서 12해리 이상 떨어진 곳에서 배출하는 등 일정한 요건을 충족시키는 경우에만 해양에 배출할 수 있다. 이 부속서는 그밖에도 운송물질의 종류에 따라 탱크와 파이프의 세정, 세정수의 수용시설에의 배출, 화물기록부의 기재에 관하여 규정하고 있다. 또한 유해액체물질을 산적운송하는 선박은 정기검사 또는 중간검사를 받고 부속서 I과 유사한 “유해액체물질의 산적운송을 위한 국제오염방지증서”(IOPP 증서)를 발급받아야 한다.

3) 부속서 III : 포장된 형태로 선박에 의하여 운송되는 유해물질에 의한 오염방지를 위한 규칙

이 부속서는 포장된 형태로 또는 화물컨테이너, 포터블탱크 또는 도로용 또는 철도용 탱크차에 넣어서 해상으로 운송되는 유해물질에 의한 오염을 방지하기 위한 규칙이다. 여기에서는 유해물질의 포장, 표시 및 표찰, 서류작성, 적부방법, 적재수량의 제한에 관한 일반적 요건을 규정하고 있다.

4) 부속서 IV : 선박으로부터의 하수에 의한 오염방지를 위한 규칙

이 부속서에 따라 선박이 항행중이며 일정한 배출율에 따르는 등의 요건을 지키지 아니하면 선박으로부터의 하수배출은 금지된다. 분쇄하고 소독한 하수를 배출하기 위해서는 선박이 가장 가까운 육지로부터 4해리 이상 떨어져 있어야 하며, 분쇄하지 아니하거나 소속하지 아니한 하수를 배출하기 위해서는 12해리 이상 떨어져 있어야 한다. 규제대상 선박은 설비, 비품 등에 대하여 초기검사와 정기검사를 받아, 국제하수오염방지(ISPP) 증서를 소지하여야 한다.

5) 부속서 V : 선박으로부터의 폐기물에 의한 오염방지를 위한 규칙

이 부속서는 합성로우프, 플라스틱, 음식찌꺼기 등의 각종 쓰레기에 의한 오염을 방지하기 위한 규칙이다. 지중해, 발틱해, 흑해, 홍해 등의 특별해역에서는 음식찌꺼기만 육지로부터 12해리 이상에서 배출이 허용되며, 화물갈개(Dunnage) 및 포장재료는 육지로부터 25해리 이상 떨어진 곳에서 버려야 한다. 한편, 협약 당사국 정부는 항구 및 터미널에 쓰레기 처리를 위한 수용시설을 갖추어야 한다.

6) 부속서 VI : 선박으로부터의 대기오염방지를 위한 규칙

이 부속서의 규정은 제3조, 제5조 및 제12조에서 명시적으로 달리 규정하는 경우를 제외하고, 모든 선박에 적용한다. 총톤수 400톤 이상 또는 총 설치동력이 1,500KW 이상인 선박은 최초검사, 정기검사(5년), 중간검사 및 수시검사를 받고 국제대기오염방지증서(International Air Pollution Prevention Certificate)를 교부받아야 한다. 검사 후 임의로 설비에 대한 변경은 금지된다. 할론의 고의적인 방출이 금지되고, 2020년 1월 1일 이후 할론을 함유하는 소화장치의 설치가 금지되며, 선박에서 제거된 할론 및 할론함유 설비는 수용시설에 인도해야 한다. 냉매(CFCs) 및 기타 오존층 파괴물질의 고의적인 방출이 금지되고 2020년 1월 1일 이후 이 물질을 함유한 장치의 설치가 금지되며, 선박에서 제거된 이 물질 함유장치는 수용시설에 인도해야 한다. 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 및 휘발성 유기합성물(VOCs)은 배출 한계치, 유류탱커의 증기배출 제어(Vapour emission control)에 대하여 규정하고 있다.

3.3 선박의 유해방오도로 시스템 사용 규제 국제협약 (AFS Convention, 2001)

선박에 사용되는 방오시스템이 생태학적으로 경제적으로 중요한 해양유기체에 심각한 독성과 만성적인 영향을 미치고 있으며, 해양동식물의 섭취로 인간의 건강을 해칠 수 있다는 점이 밝혀졌고 생물파괴제로 작용하는 유기주석성분을 사용하는 방오시스템에 관한 심각한 우려에 주목하고, 유기주석성분의 환경유입을 금지시키기 위하여 IMO에서 선박의 유해방오도로 시스템 규제에 관한 국제협약(International convention on the control of harmful Anti-Fouling System on ship, 2001)

을 채택하였다.

부착생물이 선박에 달라붙지 못하도록 방오도료로 사용하고 있는 유기주석화합물 등 해양생태계에 영향을 미치는 유해 방오도료에 대하여 2003년 1월 1일부터 선체사용을 금지시키고, 2008년 1월 1일부터는 선체에 붙어 있는 모든 유해 방오도료가 용출되어 나오지 못하도록 하고 총톤수 400톤 이상의 국제항해에 종사하는 선박은 검사를 받고 국제방오시스템 증서를 소지하여야 하며 방오시스템이 변경되거나 교체된 경우는 증서에 이서하여야 한다. 길이 24m 이상의 선박으로써 400톤 미만의 국제항해에 종사하는 선박은 방오시스템 선언서를 비치하여야 한다. 협약이 2001년 10월 5일 채택되어 2005년부터 국제적으로 발효될 전망이다. 일부 선진국가 및 우리나라에서는 이미 자국 국내법에 의해 유해 방오도료에 대한 규제를 시작하려고 하고 있다(설동일 외 5명, 2002). AFS협약 발효는 세계선복량의 25% 이상에 달하는 25개국 이상의 비준일로부터 12개월 후 발효가 되지만 아직까지 17개국만 비준한 상태로 크로아티아가 비준할 예정이고 우리나라도 현재 AFS 협약을 수용한 국내법을 올해말까지 개정하고 내년도에 비준할 계획에 있다. 산업계의 대처방안 수립에 혼란이 발생하고 있으나 현재 우리나라에서는 재도장을 하는 선박에는 외국계 페인트회사에서 생산된 환경친화적 방오도료를 도장하고 있다. 우리나라에서는 해양수산부가 해조류 등에는 따개비 등 다른 해양생물이 부착하지 않는 데 착안하여 해조에서 방오물질을 추출하여 이를 방오도료로 개발할 경우, 해양환경의 효과적인 보전은 물론 국제적인 환경규제도 능동적으로 대처할 수 있다고 판단하고 지난 2002년부터 개발에 착수하여 2006년에 개발을 완료할 예정이다. 최근에 해양수산부 과제로 수행한 연구에서 TBT 방오 페인트 폐기물의 최적 처리시스템을 개발을 개발하여 발생하는 TBT함유 방오도료 폐기물과 세척폐수를 처리할 수 있는 방법을 제시하였다.

3.4 선박밸러스트수 관리협약 (Ballast Water Management Convention, 2004)

해양공간이 국제교역에서 중요한 역할을 차지함으로써 인류경제에 지대한 공헌을 하고 있지만, 선박의 항행안전을 위해 사용하고 있는 밸러스트수를 통해 이동하는 외래생물종 즉, 불가사리, 적조미생물 등에 의한 환경적·경제적으로 많은 피해를 발생하고 있다. 특히, 선박의 대형화 및 고속화로 인해 밸러스트수에 포함된 외래생물종의 생존확률이 증가함에 따라 IMO MEPC 49차 회의에서 승인된 밸러스트수 관리 협약이 2004년 2월에 외교회의에서 채택되어 선박 밸러스트수를 통한 외래생물종의 이동을 규제하기 위한 협약을 마련하였다. 우리나라도 동 협약 규정에 의해 밸러스트수 및 침전물을 관리해야 하며, 2009년 협약이 발효되면 국제항해에 종사하는 모든 선박은 밸러스트수 관리계획서와 밸러스트수 교환기준이나 성능기준에 적합한 설비 등을 갖추어야 한다(IMO, Res.

A.868(20), 1997). 본 협약은 규칙 B-3에서 선박의 밸러스트수 관리는 2009년 이전까지 건조된 선박 즉, 현존선의 경우 밸러스트수 용적 1,500톤에서 5,000톤까지의 선박은 2014년까지 규칙 D-1 '밸러스트수 교환기준' 또는 규칙 D-2 '밸러스트수 성능기준'을 만족해야 하고, 그 이후에는 규칙 D-2를 만족해야 한다. 밸러스트수 용적 1,500톤 이하 그리고 5,000톤 이상 선박은 2016년까지 규칙 D-1 또는 D-2를 만족해야 하고, 그 이후에는 규칙 D-2를 만족해야 한다. 2009년 이후에 건조된 선박 즉, 신조선의 경우 밸러스트수 용적 5,000톤 이하 선박은 2009년부터 5,000톤 이상 선박은 2012년부터 국제협약의 결의안 규칙 D-2 '밸러스트수 성능기준'에 만족해야 한다(IMO MEPC Diplomatic Conference, 2004) 규칙 D-1의 밸러스트수 교환기준은 밸러스트수를 교환하는 선박은 밸러스트수의 용적기준으로 95%를 교환하여야 하고, 펌프를 통하여 밸러스트수를 교환하는 선박에 대해서는 밸러스트 탱크 용적의 3배를 펌핑하는 것을 위의 기준을 만족하는 것과 동등한 것으로 간주하여야 한다. 최소 95% 용적의 교환이 달성되었음을 선박이 입증하는 경우 3번 이하의 펌프교환도 인정될 수 있다. 규칙 D-2의 밸러스트수 성능기준은 크기 50 μ m 이상의 생존 개체의 수가 m³ 당 10개, 크기 10 μ m 이상 50 μ m 이하의 생존 개체의 수가 ml 당 10개이고, 미생물 지표는 *Toxigenic Vibrio Cholerae*(O1, O139) 100ml 당 1cfu 이하 또는 동물플랑크톤 시료 1g(습량)당 1cfu 이하, *Escherichia Coli*는 100ml 당 250cfu 이하, *Intestinal Enterococci*는 100ml 당 100cfu 이하로 규정하고 있다.

Table. 1 Regulation B-3 : Ballast Water Management for Ships

발효시기	적용대상 선박	적용시기			
		2009년	2012년	2014년	2016년
2009년 이전건조	1,500 ~ 5,000톤	D-1/D-2	-	-	-
	1,500톤 이하 5,000톤 이상	D-1/D-2	-	-	D-2
2009년 이후건조	5,000톤 이하	D-2	-	-	-
	5,000톤 이상	-	D-2	-	-

Table. 2 Ballast Water Performance Standard

항 목	성능 기준
10 μ m ≤ 최소길이 < 50 μ m 이하 최소길이 ≥ 50 μ m 이상	생존가능 개체수 10개체/ml 이하 생존가능 개체수 10개체/m ³ 이하
독성비브리오콜레라균(O1, O139) 대장균(<i>Escherichia Coli</i>) 분변성 대장균	1cfu/100ml 또는 1cfu/동물플랑크톤 1g(습량)이하 250cfu/100ml 이하 100cfu/100ml 이하

밸러스트수 관리 국제협약은 총톤수로 세계선복량의 35% 이상이 되는 30개 이상의 국가가 비준한 날로부터 12개월 후 발효한다. 유해방오시스템(AFS) 협약에서 채택한 세계 선복량의 25%이상에 달하는 25개국 이상의 비준일로부터 12개월 후 발효조건과 비교해 볼 때 보다 강화된 요건을 채택하였다. 우리나라의 선박 밸러스트수 처리에 관한 기술은 선진국에 비해 기술의 완성도가 낮고 연구기간이 짧았지만 산학협동을 통하여 처리장치를 개발하였고, 전기분해를 통한 처리기술이 활성물질 기본승인을 받았고, 오존을 이용한 처리기술이 활성물질 승인신청을 준비하고 있다. 또한 우리나라 연안해역을 출입하는 국내의 선박을 통하여 들어오는 밸러스트수에 의한 생태적, 경제적 피해를 최소화하고, 국민보건을 위협하는 요인을 사전에 차단할 수 있도록 국내 법제도를 개선하여야 한다.

3.5 선박에서의 대기오염방지

MEPC 37차(1997. 9.)에서 선박으로부터의 대기오염방지구획이 MARPOL73/78의 부속서 VI장으로 제정·채택됨에 따라 선박으로부터 대기오염배출 통제물질인 오존층파괴물질, 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성 유기화합물, 선내소각기 배출가스, 수송시설, 연료유의 품질 등에 관한 규제를 채택하고 있으며, 최근에는 국제항해선박으로부터 배출되는 “지구온난화 가스(Green House Gas = GHG)배출감소를 위한 협약” 채택을 목적으로 CO₂ 배출감소 방안에 대하여 중점 논의하고 있다. 국제해사기구(IMO)는 MARPOL73/78의 부속서 VI 선박으로부터 대기오염방지구획이 2005년 5월 19일 발효된다고 발표하였다. 사모아가 2004년 5월 18일 부속서 VI을 비준함으로써 비준국 15개국, 선복량 54.57 %로써 협약 발효 요건이 충족됨에 따라 2005년 5월 19일 동 부속서 VI이 발효된다. 국제해사기구는 이 규칙의 시행을 통해 지구 오존층을 파괴하는 CFC계 냉매와 할론(Halon) 가스의 사용을 금지하였다. 또한 배기가스 중에 포함된 황산화물(SOx)과 질소산화물(NOx)의 배출을 규제하는 것 외에 휘발성 유기화합물(VOCs)의 배출을 규제하고 선박에서 발생하는 쓰레기에 대해서도 소각을 금지하고 있다. 현재 연구되고 있는 대형 디젤기관에서 NOx를 저감하는 기술은 크게 2가지 방법으로 나누어진다. 연소실내 연소과정에서 연소가스의 온도를 낮추는 방법으로서, 연료분사시기 지연, 흡기온도의 저하, 배기가스 재순환(EGR, Exhaust Gas Recirculation), 물분사 등의 방법이 있으며, 이들 단일기술을 효율적으로 복합하여 NOx의 저감을 시도하고 있고, 또 에멀전 연료(Water Emulsified Fuel)기술도 채용되고 있다. 또한 후처리방법에 의한 NOx 저감기술로는 디젤기관에 SCR(Selective Catalytic Reduction, 선택적촉환원법)장치를 채용하여 배기가스가 암모니아가스와 혼합되어 반응을 일으키면 90%이상의 NOx를 제거한다(박태인, 1998).

4. 최근 국제해사기구 동향 : IMO MEPC 55st

IMO의 MEPC 55차 회의가 2006년 10월 9일부터 10월 13일까지 열렸다. 선박재활용과 대기오염 및 밸러스트수관리 문제에 초점을 맞추어져 있다. 선박재활용에 관해서는 협약초안을 작성하는 것이 선박재활용 관련 인명 보호 및 환경보호를 위해 무엇보다 중요하고 시급한 문제임을 인식하고 2008-2009년 사이에 “선박재활용협약”이 채택될 수 있도록 모든 이해당사자들의 협조를 구하였다. 선박밸러스트수관리협약은 현재 6개국이 비준하여 전 세계선복량의 0.62%를 차지하고 있다. 선박밸러스트수 처리설비에 대해 IMO 기본승인을 받기 위해 우리나라, 일본, 스웨덴이 활성물질 기본승인 신청을 하여 일본과 스웨덴이 활성물질 기본승인을 받았고 우리나라는 기본승인을 받지못하였으나, 추후에 추가 자료를 기한 내에 제출할 경우 우선심의 하기로 하였다. 활성물질 심사자연에 대해 GESAMP-BWWG에 심사 횟수 증가를 요청하여 심사횟수를 1회 더 추가하여 총 2회로 개최하기로 결정하였다. 3차 심사는 2006년 11월 17일까지 신청서를 제출하고 2007년 1월에 개최할 예정이고 4차 심사는 2006년 12월 15일까지 신청서를 제출하고 2007년 2월에 개최할 예정이다. MEPC 56차(2007년 7월)에도 활성물질 최종승인이 가능하다고 밝혔다. 현행 협약 내용이 변경된 것이 없기 때문에 5000m³이하의 밸러스트수 용량을 가지는 선박은 2009년도부터 형식승인된 BWMS를 탑재하여야 한다. 대기오염방지에 대하여 선박으로부터 CO₂ 배출지수 설정을 위하여 “CO₂ 배출지수 잠정 지침서”에 따라 IMO 회원국들이 자발적으로 시행하여 제출한 선박의 CO₂ 배출량을 검토하여 MEPC 58차에서 잠정지침서를 개정할 예정이다. 선박 배기가스 황산화물세정장치의 승인기준 지침서에 의한 장치의 세정배출수 기준을 추가하는 것을 검토하였다.

5. 우리나라의 대책

5.1 유기주석화합물 처리

현재 환경부에서 규제하고 있는 유해물질인 TBT의 해상사용의 규제를 해양수산부로 일원화시켜야 하며, 그를 위한 관련 법안의 정비가 시급하다. 국제협약 발효 전이라도 2003년 1월 1일부터 일부 국가에 의한 TBT 방오도로 규제에 대응하기 위하여 관련법 정비 이전에 국제방오시스템 증서를 발급하기 위한 잠정고시를 서둘러야 한다. AFS 국제협약이 발효되더라도 협약을 위반한 외국적선에 대한 규제는 자국의 법률에 따르게 되므로 TBT 방오도로의 항만국통제에 관한 검사기준이 확립되어야 한다. 항만국통제를 받지 아니하는 내항선박과 어망, 어구의 사용자, 해상 구조물의 소유자 등은 국제협약에 준하는 검사와 증서를 수검, 소지하도록 하여야 한다. TBT 방오도로를 대체할 수 있는 방오시스템의 개발은 현재 진행 중에 있거나, 기존의 개발된 제품은 대부분 해외 기술합작의 형태 또는 외국 수입품이고 가격이 비싸며 그 성능이 불완전하기 때문에

새로운 차세대 방오시스템의 개발을 정부주도 하에 추진할 필요가 있다. TBT의 효율적인 관리를 위하여 정부는 TBT의 환경폐해 및 TBT 금지의 장기적 이익에 대한 적극적인 홍보가 필요하며, 시·군·구청의 환경보호(위생)과에서는 지도 단속에 대한 지침을 개발하고 또한 지역환경 보호를 위한 능동적인 지도단속을 할 필요가 있다.

5.2 벨러스트수 처리

국제해사기구에서 벨러스트수 관리 협약의 비준을 강력히 촉구하고 있으며 현행 협약이 변경된 것이 없기 때문에 국내 비준에 대해서는 국제동향에 대한 면밀한 분석을 토대로 전략적으로 접근하도록 한다. 이러한 전략적 접근과 함께 우리나라의 벨러스트수 처리기술이 국제경쟁력을 확보할 수 있도록 기술개발을 위한 정부의 지원과 산학협력을 강화해야 한다. 외국항만을 출입하는 우리나라 선박의 벨러스트수 처리가 국제협약의 규정에 따라 이루어질 수 있도록 해운업계 및 관련기관의 교육과 홍보를 강화해야 한다. 우리나라 연안해역을 출입하는 국내의 선박을 통해 벨러스트수가 들어와 발생하는 생태학적, 경제적 손실을 최소화하고 국민의 건강을 지킬 수 있도록 국내 법제도를 정비해야 한다.

5.3 항만 대기오염방지 대책

선진국들은 선박과 항만에서 발생하는 대기오염 물질을 줄이기 위해 적극적인 규제와 대책을 세우고 있으나 우리나라에서는 아무런 준비를 하지 않고 있다. 하지만 항만의 위치가 보통 대도시를 중심으로 발달해 있어 많은 사람들이 항만의 오염의 직접적인 피해를 볼 수 있다. 따라서 항만 인근 지역의 환경을 개선하고 주민들의 건강을 지키기 위해 항만의 환경오염을 최소화하는 것이 시급한 과제라 할 수 있다. 항만의 대기오염문제를 직접적으로 다루기 위해서는 사전조사가 필수적이다. 따라서 선박, 컨테이너 트럭 및 하역장비 등에서 배출되는 오염물질의 성상을 파악하고 발생량을 조사하여 환경오염의 정도를 조사할 필요가 있다. 그리고 주요정책에 결정에 사용될 수 있도록 정확한 데이터베이스를 만들어야 한다.

오염물질의 배출을 줄이기 위한 항만 부대시설의 확충이 필요하다. 하역작업시 발생하는 오염물질을 줄이기 위해서 화물의 선적 및 하역의 시간을 단축하고 주변의 수송을 위하여 트럭보다 오염물질의 발생이 적은 철도를 이용한다.

6. 결 론

세계교역량의 증가로 선박으로 인해서 발생하는 항만의 환경오염은 심해지고 있다. 국제사회환경의 변화로 해운·선박업계가 환경공해와 관련한 도전에 직면하게 되겠지만 미국, 유럽 및 일본 등의 조선·해양 선진국은 이미 수년 전부터 환경기술에 개발 및 투자를 하여 국제사회의 환경규제에 적극적

으로 대처하고 있다. 우리나라도 선박의 건조량이 세계 1위 및 세계물동량이 세계 6위로 해양 선진국으로 나아가고 있으며, 국제사회에서 우리의 역할이 매우 중요한 시점에 놓여져 있다. 이제는 국제사회에서 개발도상국이라는 입장만을 내세울 수 없는 상황이고, 빠르게 변하는 환경규제에 대처할 수 있는 새로운 기술개발 및 연구투자가 매우 절실하다. 항만의 환경관련 시설의 확충이나 선박의 친환경 기술의 개발에 정책적으로 지원을 해주어야 한다. 동시에 관련 기술의 보급과 정비를 위하여 지속적인 홍보와 교육을 실시하여야 한다. 나아가서 정부는 선진국에 비해 낮은 수준에 불과한 우리나라 해양과학기술력을 끌어올리기 위해 해양수산 연구개발 예산을 집중 투입하고 대학의 연구력 증진과 해양수산분야 고급두뇌 양성 등 과학기술 기반을 강화해야 한다. 또한 기업에서는 우수한 연구인력을 확보하여 연구개발에 투자를 확대하여야 한다. 앞으로 국제해사기구 및 세계의 환경규제 및 변화를 먼저 분석하고 이에 따른 새로운 기술을 연구 개발하여 기술우위를 선점할 수 있어야 해양 선진국으로 나아갈 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (KRF-2005-216-D00300).

참 고 문 헌

- [1] 김동훈 (1999) 환경규제협약과 해운업계 대응 과제, 해양한국, No. 4, pp.48-56
- [2] 해양수산부 (2004) 해양수산통계연보
- [3] 박태인 (1998) 선박용 디젤기관의 배기 유해배출물에 대한 IMO규제와 그 대책기술, 대한조선학회지, Vol. 35, No. 4, pp.13-23.
- [4] 연구보고서 (2004) 선박 벨러스트수 배출규제 대응기술개발 연구, 해양수산부, pp.121-129
- [5] 연구보고서 (2002) TBT 사용규제에 따른 국내 대처방안 연구, 해양수산부, pp.35-37
- [6] 임종식 (1991) 국제해사기구(IMO)의 조직과 활동, 대한조선학회지, Vol. 29, No. 4, pp.36-45
- [7] 설동일 외 5명 (2002) IMO-AFS 협약 채택에 따른 국내 대처방안 연구, Vol. 26, No. 6, pp.
- [8] 해운항만청 선박과 (1991) 국제해사기구(IMO)에 대한 개관, 월간해운, Vol. 10, No. 241, pp.131-135
- [9] 해양경찰청, "한국해양오염 현황과 대책", 시험연구보고서, 1990
- [10] IMO (International Maritime Organization) REPORT OF THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION

COMMITTEE, 45-51th session

- [11] George E. Marnellos, Evangelos A. Efthimiadis and Iacovos A. Vasalos (2004) Mechanistic and kinetic analysis of the NO_x selective catalytic reduction by hydrocarbons in excess O₂ over In/Al₂O₃ in the presence of SO₂ and H₂O, Applied Catalysis B: Environmental, Vol. 48, Issue 1, pp.1-15
- [12] I.K. Konstantinou*, T.A. Albanis (2004) Worldwide occurrence and effects of antifouling paint booster biocides in the aquatic environment: a review, Environment International, 30, pp.235-24
- [13] Diane B., Thomas P., Gina M., Todd R., Gail R., Julie M., Bella T (2004) Harboring Pollution : Strategies to clean up U.S. Ports, pp.8-20
- [14] Alaska Department of Environmental Conservation (2004) Assessment of Cruise Ship and Ferry Wastewater Impacts in Alaska, pp.14-27
- [15] Abbott, A., Abel, P.D., Arnold, D.W. and Milne, A.(2000), Cost-benefit analysis of the use of TBT: the case for a treatment approach, the Science of the Total Environment, 258, pp.5-19.
- [16] Alzieu, C.(1986), TBT detrimental effects on oyster culture in France-evolution since antifouling paint regulation. Proc. Oceans '86 Organotin Symp., Vol 4, IEEE Washington, D.C.
- [17] Argamen, Y., Hucks, C.E. and Shelby, S.E.(1984), The effects of organotin on the activated sludge process, Water Res., 18(5), pp.535-542.
- [18] Benitez, J. C., Giudice, C.A. and Rascio, V.J.(1985), Bioactivity of antifouling paints based organotin toxicants, J. Chem. Tech. Biotechnology, 35A, pp.387-394.